

Cara uji kepadatan ringan untuk tanah



© BSN 2008

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Mangala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan	2
4.1 Peralatan	2
4.2 Cara pengujian	4
4.3 Contoh uji.....	5
5 Cara pengerjaan	6
5.1 Cara A.....	6
5.1.1 Butiran contoh tanah yang tidak mudah pecah dan contoh tanah yang mudah menyerap air	6
5.1.2 Butiran contoh tanah yang mudah pecah dan contoh tanah yang tidak mudah menyerap air	7
5.2 Cara B.....	7
5.3 Cara C	7
5.3.1 Butiran contoh tanah yang tidak mudah pecah dan contoh tanah yang mudah menyerap air	7
5.3.2 Butiran contoh tanah yang mudah pecah dan contoh tanah yang tidak mudah menyerap air	8
5.4 Cara D	8
6 Perhitungan dan pelaporan	8
6.1 Perhitungan	8
6.2 Penggambaran grafik.....	9
6.3 Pelaporan	9
Lampiran A (normatif) Gambar	10
Lampiran B (normatif) Contoh formulir	13
Lampiran C (informatif) Contoh isian formulir	14
Gambar A.1 Cetakan silinder dan keping alas (diameter 101,60 mm).....	10
Gambar A.2 Cetakan silinder dan keping alas (diameter 152,40 mm).....	11
Gambar A.3 Cara melakukan penumbukan pada cetakan berdiameter 102 mm (4 inci) untuk satu lapisan, sebanyak 25 tumbukan	12
Gambar A.4 Palu penumbuk	12
Tabel 1 Cara uji kepadatan ringan untuk tanah.....	4

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang “Cara uji kepadatan ringan untuk tanah” adalah revisi dari SNI 03-1742-1989, *Metode pengujian kepadatan ringan untuk tanah*, antara lain ketentuan penggunaan cara pemadatan (cara A, cara B, cara C atau cara D) dan cara pemadatan berdasarkan mudah atau tidaknya tanah menyerap air serta mudah atau tidaknya butiran tanah pecah apabila dipadatkan berulang kali.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknik Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Subpanitia Teknik Rekayasa Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas dalam forum Konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 26 April 2006 di Bandung, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.



Pendahuluan

Pemadatan tanah di laboratorium dimaksudkan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum. Kadar air dan kepadatan maksimum ini dapat digunakan untuk menentukan syarat yang harus dicapai pada pekerjaan pemadatan tanah di lapangan.

Peralatan yang digunakan adalah cetakan, alat penumbuk, alat pengeluar benda uji, timbangan, oven pengering, pisau perata, saringan, alat pencampur, dan cawan.

Cara uji untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum yang digunakan adalah uji kepadatan ringan (*standard*). Cara tersebut dibagi menjadi 4 cara, yaitu cara A, cara B, cara C dan cara D (lihat Tabel 1).

Cara tersebut dibagi berdasarkan sifat tanah dan harus dinyatakan dalam spesifikasi bahan tanah yang akan diuji, jika tidak gunakan ketentuan A.

- Cara A dan cara B digunakan untuk campuran tanah yang tertahan saringan No.4 sebesar 40% atau kurang.
- Cara C dan cara D digunakan untuk campuran tanah yang tertahan saringan 19,00 mm sebesar 30% atau kurang.





Cara uji kepadatan ringan untuk tanah

1 Ruang lingkup

Cara uji ini dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah yang dipadatkan di dalam sebuah cetakan berukuran tertentu dengan penumbuk 2,5 kg yang dijatuhkan secara bebas dari ketinggian 305 mm. Cara uji ini mencakup ketentuan-ketentuan mengenai peralatan, cara pengujian dan contoh uji, cara pengerjaan, perhitungan, dan pelaporan.

2 Acuan normatif

AASHTO T 99 – 01, *Moisture-Density Relations of Soils Using a 2.5 kg (5.5 lb) Rammer and a 305 mm (12 in) Drop*.

ASTM D 2168, *Calibration of laboratory mechanical-rammer soil compactors*

BS 1377: Part 4: 1990, *Compaction-related test*

SNI 03-1964-1990, *Metode pengujian berat jenis tanah*

SNI 03-1965-1990, *Metode pengujian kadar air tanah*

SNI 03-1966-1990, *Metode pengujian batas plastis tanah*

SNI 03-1967-1990, *Metode pengujian batas cair dengan alat casagrande*

SNI 03-1968-1990, *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*

SNI 03-1976-1990, *Metode koreksi untuk pengujian pemadatan tanah yang mengandung butir kasar*

SNI 03-4804-1998, *Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat*

SNI 03-6414-2002, *Spesifikasi timbangan yang digunakan pada pengujian bahan*

SNI 07-6866-2002, *Spesifikasi saringan anyaman kawat untuk keperluan pengujian*

3 Istilah dan definisi

3.1

benda uji

contoh uji yang telah dipadatkan dan diratakan sesuai ukuran cetakan

3.2

berat jenis butir

perbandingan antara massa isi butir tanah dan massa isi air

3.3

contoh uji

contoh tanah lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan lolos saringan 19,0 mm (3/4") yang telah dicampur dengan air

3.4

kadar air

perbandingan antara massa air dan massa kering tanah

3.5

kadar air optimum

kadar air yang paling cocok untuk cara pemadatan tertentu yang menghasilkan kepadatan paling besar yang diperoleh dari kurva pemadatan

3.6

kepadatan basah

perbandingan antara massa benda uji basah dan volume

3.7

kepadatan kering

perbandingan antara massa benda uji kering dan volume

3.8

kepadatan kering jenuh

perbandingan antara massa kering tanah dan volume total pada kondisi jenuh air (rongga berisi udara nol)

3.9

kepadatan maksimum

kepadatan kering yang paling besar yang diperoleh dari kurva pemadatan

4 Ketentuan

4.1 Peralatan

a) Cetakan;

Cetakan harus dari logam berdinding teguh dan dibuat sesuai dengan ukuran dan kapasitas yang sesuai di bawah ini (lihat Gambar A.1 dan Gambar A.2). Cetakan harus dilengkapi dengan leher sambung yang dibuat dari bahan yang sama dengan cetakan, dengan tinggi kurang lebih 60 mm. Cetakan dan leher sambung harus dipasang kuat-kuat pada keping alas yang dibuat dari bahan yang sama dan dapat dilepaskan.

- 1) Sebuah cetakan diameter 101,60 mm mempunyai kapasitas $943 \text{ cm}^3 \pm 8 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam $101,60 \text{ mm} \pm 0,41 \text{ mm}$ dan tinggi $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$ (lihat Gambar A.1).
- 2) Sebuah cetakan diameter 152,40 mm mempunyai kapasitas $2124 \pm 21 \text{ cm}^3$ dengan diameter dalam $152,40 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$ dan tinggi $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$ (lihat Gambar A.2).

- 3) Cetakan yang telah aus karena dipergunakan terus menerus, sehingga tidak memenuhi syarat toleransi pembuatan di atas, masih dapat dipergunakan apabila toleransi-toleransi yang dilampaui tidak lebih dari 50% dan volume cetakan dikalibrasi sesuai SNI 03-4804-1998, yang kemudian digunakan dalam perhitungan.

CATATAN 1: Jenis cetakan lain dengan kapasitas seperti ditentukan di atas dapat digunakan, asalkan hasil uji dikorelasikan dengan hasil uji dari beberapa jenis tanah yang sama dengan yang menggunakan cetakan berdinding teguh. Catatan korelasi tersebut harus selalu tersedia dan mudah diperoleh apabila diperlukan.

b) Alat penumbuk;

- 1) Alat penumbuk tangan (manual). Penumbuk dari logam dengan massa $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ dan mempunyai permukaan berbentuk bundar dan rata, diameter $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$. Akibat pemakaian, diameter penumbuk tidak boleh kurang dari $50,42 \text{ mm}$. Penumbuk harus dilengkapi dengan selubung yang dapat mengatur jatuh bebas setinggi $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ di atas permukaan tanah yang akan dipadatkan. Selubung harus mempunyai paling sedikit 4 buah lubang udara berdiameter tidak kurang dari $9,50 \text{ mm}$ dengan poros tegak lurus satu sama lain berjarak $19,00 \text{ mm}$ dari kedua ujung. Selubung harus cukup longgar sehingga batang penumbuk dapat jatuh bebas tidak terganggu.
- 2) Alat penumbuk mekanis. Alat penumbuk mekanis dari logam, dilengkapi alat pengontrol tinggi jatuh bebas $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ di atas permukaan tanah yang akan dipadatkan dan dapat menyebarkan tumbukan secara merata di atas permukaan tanah (lihat catatan 2). Alat penumbuk harus mempunyai massa $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ dan mempunyai permukaan tumbuk berbentuk bundar dan rata, berdiameter $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$. Akibat pemakaian, diameter penumbuk tidak boleh kurang dari $50,42 \text{ mm}$. Alat penumbuk mekanis harus dikalibrasi sesuai ASTM D 2168.
- 3) Alat penumbuk yang digunakan harus berpenampang bulat dengan diameter $50,80 \text{ mm}$. Penampang berbentuk sektor dapat juga digunakan apabila luasnya sama dengan alat penumbuk yang berpenampang bulat dan harus dinyatakan di dalam laporan.

CATATAN 2: Alat penumbuk mekanis harus dikalibrasi terhadap beberapa macam jenis tanah dan massa penumbuk disesuaikan agar mendapatkan hubungan kadar air dengan kepadatan kering yang sama apabila dipadatkan dengan alat penumbuk manual. Tidak praktis untuk mengatur tinggi jatuh alat penumbuk mekanis setiap kali alat penumbuk tersebut dijatuhkan, seperti pada alat penumbuk yang dioperasikan secara manual. Untuk mengatur tinggi jatuh alat penumbuk mekanis, sejumlah contoh uji lepas di dalam cetakan yang akan ditumbuk pertama kali ditekan secara pelan-pelan dengan alat penumbuk dan dari kedudukan tersebut ketinggian 305 mm diukur. Tumbukan-tumbukan berikutnya dapat dilakukan dengan menjatuhkan penumbuk dari ketinggian 305 mm dari permukaan tanah yang ditekan tadi atau bila alat penumbuk sudah dilengkapi pengatur ketinggian jatuh, setiap penumbukan mempunyai tinggi jatuh bebas 305 mm , diukur dari permukaan tanah yang ditumbuk sebelumnya. Cara kalibrasi yang lebih detail untuk alat penumbuk mekanis yang digunakan pada pemadatan tanah di laboratorium dapat dilihat pada ASTM D 2168.

c) Alat pengeluar benda uji (*extruder*).

Terdiri dari sebuah dongkrak, pengungkit, rangka, atau alat lain yang sesuai.

d) Timbangan.

Tiga buah timbangan masing-masing berkapasitas $11,5 \text{ kg}$ dengan ketelitian 1 gram , kapasitas 1 kg dengan ketelitian $0,1 \text{ gram}$ dan kapasitas 311 gram dengan ketelitian $0,01 \text{ gram}$.

e) Oven pengering.

Oven yang dilengkapi dengan pengatur temperatur sampai $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ untuk mengeringkan contoh tanah basah.

f) Pisau perata.

Dibuat dari baja yang kaku dengan panjang minimum 25 cm. Salah satu sisi memanjang pisau perata harus tajam dan sisi lainnya datar. Batas toleransi pisau perata yang dihitung pada kelurusan sisi memanjang tidak boleh melebihi 0,1% dari panjang.

g) Saringan.

Saringan 50 mm, saringan 19 mm dan saringan No.4 (4,75 mm), sesuai persyaratan SNI 07-6866-2002.

h) Alat pencampur.

Terdiri dari baki, sendok pengaduk, sekop, spatula dan alat-alat bantu lainnya atau alat pencampur mekanik yang sesuai untuk mencampur contoh tanah dan air secara merata.

i) Cawan.

Dibuat dari bahan tahan karat dan massanya tidak akan berubah akibat pemanasan dan pendinginan yang berulang kali. Cawan harus dilengkapi penutup yang dapat dipasang dengan rapat untuk mencegah hilangnya air dari benda uji sebelum penentuan massa awal dan untuk mencegah penyerapan air dari udara terbuka setelah pengeringan dan sebelum penentuan massa akhir.

4.2 Cara pengujian

a) Ditetapkan 4 pilihan cara uji yaitu cara A, cara B, cara C dan cara D, sebagaimana berikut;

Tabel 1 Cara uji kepadatan ringan untuk tanah

Uraian	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Diameter cetakan (mm)	101,60	152,40	101,60	152,40
Tinggi cetakan (mm)	116,43	116,43	116,43	116,43
Volume cetakan (cm ³)	943	2124	943	2124
Massa penumbuk (kg)	2,5	2,5	2,5	2,5
Tinggi jatuh penumbuk (mm)	305	305	305	305
Jumlah lapis	3	3	3	3
Jumlah tumbukan per lapis	25	56	25	56
Bahan lolos saringan	No. 4 (4,75 mm)	No. 4 (4,75 mm)	19,00 mm (3/4")	19,00 mm (3/4")

b) Masing-masing cara tersebut di atas dibagi lagi berdasarkan sifat tanah, sebagai berikut:

- 1) butiran contoh tanah yang tidak mudah pecah apabila dipadatkan dan contoh tanah yang mudah (membutuhkan waktu yang cepat) menyerap air. Contoh tanah semacam ini adalah jenis contoh tanah berbutir kasar yang bersifat keras;
- 2) butiran contoh tanah yang mudah pecah apabila dipadatkan dan contoh tanah yang tidak mudah (membutuhkan waktu yang lama) menyerap air. Butiran contoh tanah yang mudah pecah umumnya jenis tanah berbutir kasar yang bersifat lunak (seperti batu pasir dan batu kapur) dan lanau, sedangkan contoh tanah yang tidak mudah menyerap air adalah jenis tanah berbutir halus (lempung).

CATATAN 3: Jika terjadi keraguan dalam menentukan apakah butiran contoh tanah termasuk butiran contoh tanah yang mudah pecah atau tidak, semua contoh tanah berbutir kasar dapat dianggap sebagai contoh tanah berbutir yang mudah pecah.

c) Cara yang digunakan harus dinyatakan dalam spesifikasi bahan tanah yang akan diuji. Jika tidak, gunakan ketentuan cara A.

- d) Cara A atau cara B digunakan untuk campuran tanah yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) sebesar 40% atau kurang dan cara C atau cara D digunakan untuk campuran tanah yang tertahan saringan 19,00 mm sebesar 30% atau kurang. Bahan yang tertahan saringan-saringan tersebut harus dinyatakan sebagai butiran kasar.
- e) Jika contoh tanah yang diuji mengandung butiran kasar sebesar 5% atau lebih dan hasil uji kepadatannya digunakan untuk pengontrolan kepadatan hasil pekerjaan pemadatan di lapangan, koreksi harus dibuat berdasarkan SNI 03-1976-1990, untuk membandingkan kepadatan lapangan dengan kepadatan contoh yang dipadatkan di laboratorium.

4.3 Contoh uji

- a) Bila contoh tanah yang diterima dari lapangan masih dalam keadaan basah atau lembab, contoh tanah tersebut harus dikeringkan terlebih dahulu sehingga menjadi gembur. Pengeringan dapat dilakukan di udara atau dengan alat pengering lain dengan temperatur tidak lebih dari 60°C. Kemudian gumpalan-gumpalan tanah tersebut ditumbuk sedemikian rupa untuk menghindari pengurangan ukuran butiran aslinya atau pecah.

CATATAN 4: Tanah vulkanik tidak boleh dikeringkan dengan menggunakan alat pengering.

- b) Saring sejumlah tanah gembur yang mewakili dengan saringan No.4 (4,75 mm) untuk cara A dan cara B, dan dengan saringan 19,00 mm (3/4") untuk cara C dan cara D.
- c) Contoh tanah yang telah disaring dipersiapkan dengan jumlah yang sesuai dengan cara ujinya;
 - 1) untuk butiran contoh tanah yang tidak mudah pecah apabila dipadatkan dan contoh tanah yang mudah (membutuhkan waktu yang cepat) menyerap air, siapkan 1 contoh tanah paling sedikit 3 kg untuk cara A, 7 kg untuk cara B, 5 kg untuk cara C dan 11 kg untuk cara D;
 - 2) untuk butiran contoh tanah yang mudah pecah apabila dipadatkan dan contoh tanah yang tidak mudah (membutuhkan waktu yang lama) menyerap air, siapkan paling sedikit 5 contoh tanah masing-masing 2,5 kg untuk cara A, 5 kg untuk cara B, 3 kg untuk cara C dan 6 kg untuk cara D.
- d) Masing-masing contoh tanah ditambahkan air dan diaduk sampai merata;
 - 1) Untuk butiran contoh tanah yang tidak mudah pecah apabila dipadatkan dan contoh tanah yang mudah (membutuhkan waktu yang cepat) menyerap air, penambahan air dilakukan secara bertahap. Pada tahap awal, penambahan air diatur sedemikian rupa sehingga kadar airnya 2% sampai dengan 6% di bawah kadar air optimum. Penambahan air tahap berikutnya dilakukan setelah pemadatan dan pemecahan kembali benda uji. Perbedaan kadar air pada masing-masing tahap sekitar 1% sampai dengan 3%.
 - 2) Untuk butiran contoh tanah yang mudah pecah apabila dipadatkan dan contoh tanah yang tidak mudah (membutuhkan waktu yang lama) menyerap air, penambahan air diatur sedemikian rupa sehingga 1 contoh mempunyai kadar air mendekati kadar air optimum (lihat catatan 4), 2 contoh di bawah optimum dan 2 contoh lainnya di atas optimum. Perbedaan kadar air masing-masing sekitar 1% sampai dengan 3%.

CATATAN 5: Untuk tanah berbutir halus (bersifat plastis), kadar air optimum diperkirakan berada di sekitar kadar air batas plastis (PL). Secara visual dilakukan dengan menggiling sejumlah contoh tanah di antara kedua telapak tangan sampai mencapai diameter 3 mm. Jika pada saat mencapai diameter 3 mm belum menunjukkan adanya retakan (patah), tambahkan sejumlah air kedalam contoh tanah, kemudian diaduk sampai merata. Giling kembali contoh tanah tersebut dengan kedua telapak tangan sampai menunjukkan adanya retakan (patah) pada diameter 3 mm.

- e) Masing-masing contoh uji dimasukkan ke dalam kantong plastik atau wadah lainnya dan ditutup rapat, kemudian didiamkan selama: 3 jam (kerikil dan pasir kelanauan/kelempungan); 12 jam (lanau) dan 24 jam (lempung) sedangkan untuk contoh uji berupa kerikil dan pasir tidak perlu didiamkan.

5 Cara pengerjaan

5.1 Cara A

5.1.1 Butiran contoh tanah yang tidak mudah pecah dan contoh tanah yang mudah menyerap air

- a) Timbang massa cetakan dan keping alas dengan ketelitian 1 gram (B1) serta ukur diameter dalam dan tingginya dengan ketelitian 0,1 mm.
 - b) Pasang leher sambung pada cetakan dan keping alas, kemudian dikunci dan ditempatkan pada landasan dari beton dengan massa tidak kurang dari 100 kg yang diletakkan pada dasar yang stabil.
 - c) Ambil contoh uji yang akan dipadatkan, tuangkan ke dalam baki dan aduk sampai merata.
 - d) Padatkan contoh uji di dalam cetakan (dengan leher sambung) dalam 3 lapis dengan ketebalan yang sama sehingga ketebalan total setelah dipadatkan kira-kira 125 mm. Pemadatan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - 1) untuk lapis 1, isi contoh uji ke dalam cetakan dengan jumlah yang sedikit melebihi $\frac{1}{3}$ dari ketebalan padat total, sebarkan secara merata dan ditekan sedikit dengan alat penumbuk atau alat lain yang serupa agar tidak lepas atau rata. Padatkan secara merata pada seluruh bagian permukaan contoh uji di dalam cetakan dengan menggunakan alat penumbuk dengan massa 2,5 kg yang dijatuhkan secara bebas dari ketinggian 305 mm di atas permukaan contoh uji tersebut sebanyak 25 kali.
 - 2) lakukan pemadatan untuk lapis 2 dan lapis 3 dengan cara yang sama seperti untuk lapis 1.
 - e) Lepaskan leher sambung, potong kelebihan contoh uji yang telah dipadatkan dan ratakan permukaannya menggunakan pisau perata, sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
 - f) Timbang massa cetakan yang berisi benda uji dan keping alasnya dengan ketelitian 1 gram (B2).
 - g) Buka keping alas dan keluarkan benda uji dari dalam cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji (*extruder*). Belah benda uji secara vertikal menjadi 2 bagian yang sama, kemudian ambil sejumlah contoh yang mewakili dari salah satu bagian untuk pengujian kadar air, sesuai SNI 03-1965-1990.
- CATATAN 6: Untuk tanah terdrainase bebas seperti pasir seragam dan kerikil yang memungkinkan terjadi rembesan pada bagian bawah cetakan dan keping alas, contoh yang mewakili untuk pengujian kadar air lebih baik diambil dari bak pencampur.
- h) Pecahkan benda uji sampai secara visual lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan campurkan dengan sisa contoh uji di dalam baki. Tambahkan air secukupnya sehingga kadar airnya meningkat 1% sampai dengan 3% dari kadar air benda uji pertama, kemudian diaduk sampai merata.
 - i) Ulangi langkah-langkah seperti yang diuraikan dalam butir 5.1.1 a) sampai dengan 5.1.1 h) di atas beberapa kali sampai massa benda uji berkurang atau tetap.

5.1.2 Butiran contoh tanah yang mudah pecah dan contoh tanah yang tidak mudah menyerap air

- a) Timbang, ukur dan persiapkan cetakan seperti yang diuraikan dalam 5.1.1 a) dan 5.1.1 b).
- b) Ambil salah satu contoh uji (sebaiknya dimulai dari contoh uji dengan kadar air yang mendekati kadar air optimum) dan lakukan seperti yang diuraikan dalam 5.1.1 c) sampai dengan 5.1.1 g).
- c) Ulangi langkah-langkah seperti yang diuraikan dalam butir 5.1.2 a) dan 5.1.2 b) di atas untuk contoh uji ke 2, contoh uji ke 3 dan seterusnya sampai massa benda uji berkurang atau tetap.

CATATAN 7: Sebaiknya pemadatan dilakukan secara berturut-turut, mulai dari contoh uji dengan kadar air yang mendekati kadar air optimum kemudian dilanjutkan dengan contoh uji dengan kadar air yang lebih besar. Hal tersebut dimaksudkan, apabila berat benda uji dengan kadar air paling besar belum berkurang atau tetap dibandingkan berat benda uji sebelumnya, contoh uji dengan kadar air yang paling kecil ditambahkan air melebihi kadar air yang semula paling besar. Apabila berat benda uji masih menunjukkan peningkatan setelah semua contoh uji dipadatkan, siapkan contoh tanah yang baru dan tambahkan air secukupnya sehingga kadar airnya 1% sampai dengan 3% di atas kadar air benda uji yang paling besar.

5.2 Cara B

Lakukan cara pengerjaan seperti yang diuraikan dalam 5.1 (cara A) kecuali cetakan yang digunakan berdiameter 152,40 mm dan jumlah tumbukan per lapis 56 kali.

5.3 Cara C

5.3.1 Butiran contoh tanah yang tidak mudah pecah dan contoh tanah yang mudah menyerap air

- a) Timbang massa cetakan dan keping alas dengan ketelitian 1 gram (B1) serta ukur diameter dalam dan tingginya dengan ketelitian 0,1 mm.
- b) Pasang leher sambung pada cetakan dan keping alas, kemudian dikunci dan ditempatkan pada landasan dari beton dengan massa tidak kurang dari 100 kg yang diletakkan pada dasar yang stabil.
- c) Ambil contoh uji yang akan dipadatkan, tuangkan ke dalam baki dan aduk sampai merata.
- d) Padatkan contoh uji di dalam cetakan (dengan leher sambung) dalam 3 lapis dengan ketebalan yang sama sehingga ketebalan total setelah dipadatkan kira-kira 125 mm. Pemadatan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - 1) untuk lapis 1, isi contoh uji ke dalam cetakan dengan jumlah yang sedikit melebihi $\frac{1}{3}$ dari ketebalan padat total, sebarkan secara merata dan ditekan sedikit dengan alat penumbuk atau alat lain yang serupa agar tidak lepas atau rata. Padatkan secara merata pada seluruh bagian permukaan contoh uji di dalam cetakan dengan menggunakan alat penumbuk massa 2,5 kg yang dijatuhkan secara bebas dari ketinggian 305 mm di atas permukaan contoh uji tersebut sebanyak 25 kali;
 - 2) lakukan pemadatan untuk lapis 2 dan lapis 3 dengan cara yang sama seperti untuk lapis 1.
- e) Lepaskan leher sambung, potong kelebihan contoh uji yang telah dipadatkan dan ratakan permukaannya, sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.

- f) Timbang massa cetakan yang berisi benda uji dan keping alasnya dengan ketelitian 1 gram (B₂).
- g) Buka keping alas dan keluarkan benda uji dari dalam cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji (*extruder*). Belah benda uji secara vertikal menjadi 2 bagian yang sama, kemudian ambil sejumlah contoh yang mewakili dari salah satu bagian untuk pengujian kadar air, sesuai SNI 03-1965-1990.
- h) Pecahkan benda uji sampai secara visual lolos saringan 19,0 mm dan 90% gumpalan tanah lolos saringan No.4 (4,75 mm), kemudian campurkan dengan sisa contoh uji di dalam baki. Tambahkan air secukupnya sehingga kadar airnya meningkat 1% sampai dengan 3% dari kadar air benda uji pertama, kemudian diaduk sampai merata.
- i) Ulangi langkah-langkah seperti yang diuraikan dalam butir 5.3.1 a) sampai dengan 5.3.1 h) di atas beberapa kali sampai massa benda uji berkurang atau tetap.

5.3.2 Butiran contoh tanah yang mudah pecah dan contoh tanah yang tidak mudah menyerap air

- a) Timbang, ukur dan persiapkan cetakan seperti yang diuraikan dalam 5.3.1 a) dan 5.3.1 b).
- b) Ambil salah satu contoh uji (sebaiknya dimulai dari contoh uji dengan kadar air yang mendekati kadar air optimum) dan lakukan seperti yang diuraikan dalam 5.3.1 c) sampai dengan 5.3.1 g).
- c) Ulangi langkah-langkah seperti yang diuraikan dalam butir 5.3.2 a) dan 5.3.2 b) di atas untuk contoh uji ke 2, contohj h uji ke 3 dan seterusnya sampai massa benda uji berkurang atau tetap.

CATATAN 8: Sebaiknya pemadatan dilakukan secara berturut-turut, mulai dari contoh uji dengan kadar air yang mendekati kadar air optimum kemudian dilanjutkan dengan contoh uji dengan kadar air yang lebih besar. Hal tersebut dimaksudkan, apabila berat benda uji dengan kadar air paling besar belum berkurang atau tetap dibandingkan berat benda uji sebelumnya, contoh uji dengan kadar air yang paling kecil ditambahkan air melebihi kadar air yang semula paling besar. Apabila berat benda uji masih menunjukkan peningkatan setelah semua contoh uji dipadatkan, siapkan contoh tanah yang baru dan tambahkan air secukupnya sehingga kadar airnya 1% sampai dengan 3% di atas kadar air benda uji yang paling besar.

5.4 Cara D

Lakukan cara pengerjaan seperti yang diuraikan dalam 5.3 (cara C), kecuali cetakan yang digunakan berdiameter 152,40 mm dan jumlah tumbukan per lapis 56 kali.

6 Perhitungan dan pelaporan

6.1 Perhitungan

- a) Hitung kepadatan basah dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{(B_2 - B_1)}{V} \dots\dots\dots (1)$$

dengan pengertian:

- ρ adalah kepadatan basah, dinyatakan dalam gram/cm³;
- B_1 adalah massa cetakan dan keping alas, dinyatakan dalam gram;
- B_2 adalah massa cetakan, keping alas dan benda uji, dinyatakan dalam gram;
- V adalah volume benda uji atau volume cetakan, dinyatakan dalam cm³.

- b) Hitung kadar air benda uji dengan rumus sebagai berikut:

$$W = \frac{(A - B)}{(B - C)} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

dengan pengertian:

w adalah kadar air, dinyatakan dalam %;

A adalah massa cawan dan benda uji basah, dinyatakan dalam gram;

B adalah massa cawan dan benda uji kering, dinyatakan dalam gram;

C adalah massa cawan, dinyatakan dalam gram.

- c) Hitung kepadatan (berat isi) kering dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_d = \frac{(\rho)}{(100 + w)} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

dengan pengertian:

ρ_d adalah kepadatan kering, dinyatakan dalam gram/cm³;

ρ adalah kepadatan basah, dinyatakan dalam gram/cm³;

w adalah kadar air, dinyatakan dalam %.

- d) Hitung kepadatan (berat isi) kering untuk derajat kejenuhan 100% dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_d = \frac{(G_s \cdot \rho_w)}{(100 + G_s \cdot w)} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

dengan pengertian:

ρ_d adalah kepadatan kering, dinyatakan dalam gram/cm³;

G_s adalah berat jenis tanah;

ρ_w adalah kepadatan air, dinyatakan dalam gram/cm³;

w adalah kadar air, dinyatakan dalam %.

6.2 Penggambaran grafik

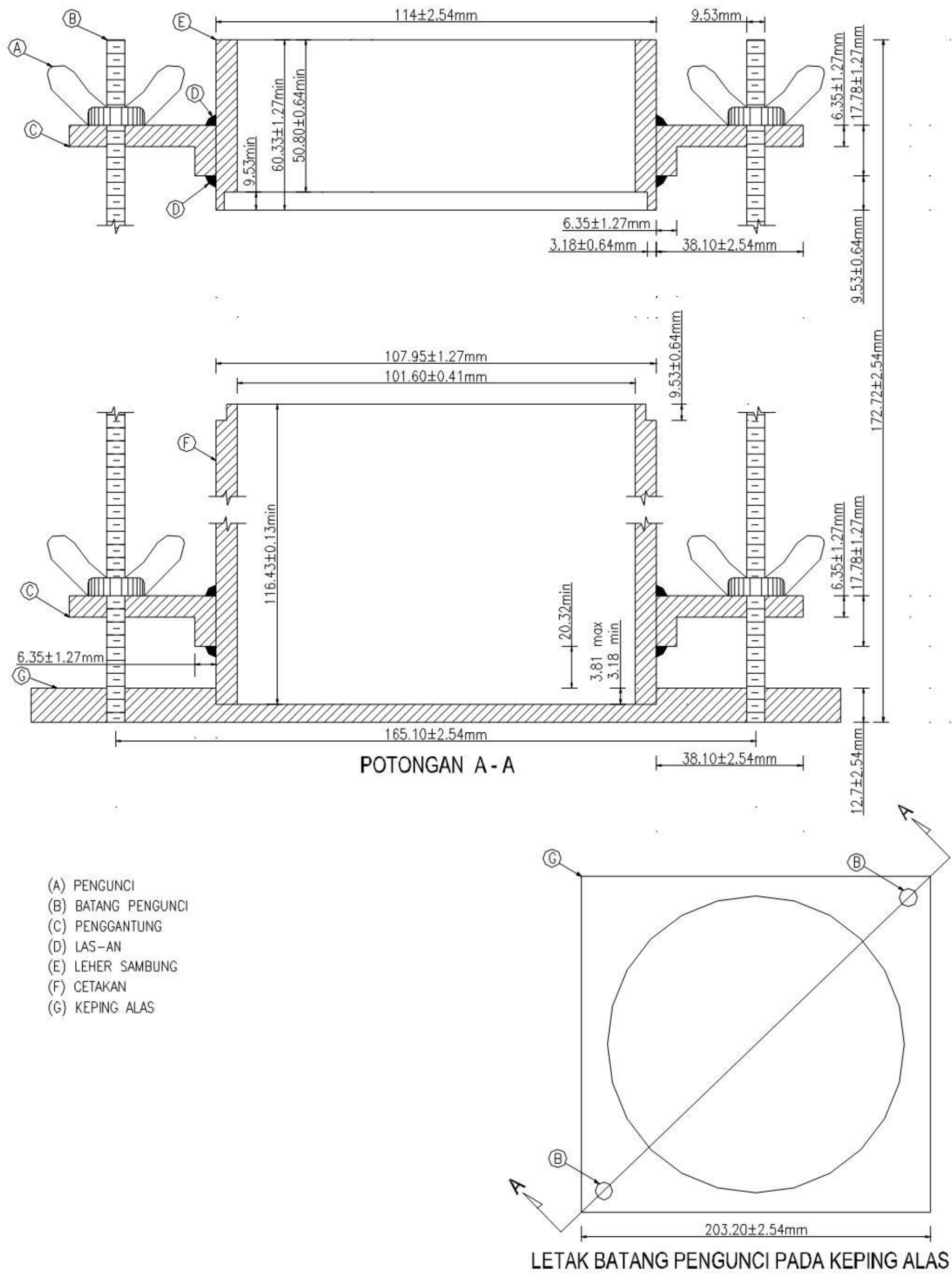
- Gambarkan titik-titik hubungan antara kepadatan kering (sumbu X) dan kadar air (sumbu Y) dari hasil uji pada sebuah grafik, kemudian gambarkan sebuah kurva yang halus yang menghubungkan titik-titik tersebut. Dari kurva yang telah digambarkan, tentukan kepadatan kering maksimum pada puncak kurva dan kadar air optimum.
- Gambarkan grafik hubungan antara kepadatan kering dan kadar air pada derajat kejenuhan 100% (garis jenuh). Grafik pemadatan tidak boleh memotong garis jenuh dan pada harga kadar air yang tinggi grafik pemadatan menjadi sejajar dengan garis jenuh tersebut.

6.3 Pelaporan

- Cara yang digunakan (cara A, cara B, cara C atau cara D).
Apabila cara C atau cara D yang digunakan, laporkan apakah bahan tertahan saringan 19,0 mm dibuang atau diganti.
- Kadar air optimum dinyatakan dalam persen bilangan bulat.
- Kepadatan kering maksimum, dibulatkan sampai 2 angka desimal.
- Bentuk penampang alat penumbuk mekanis.

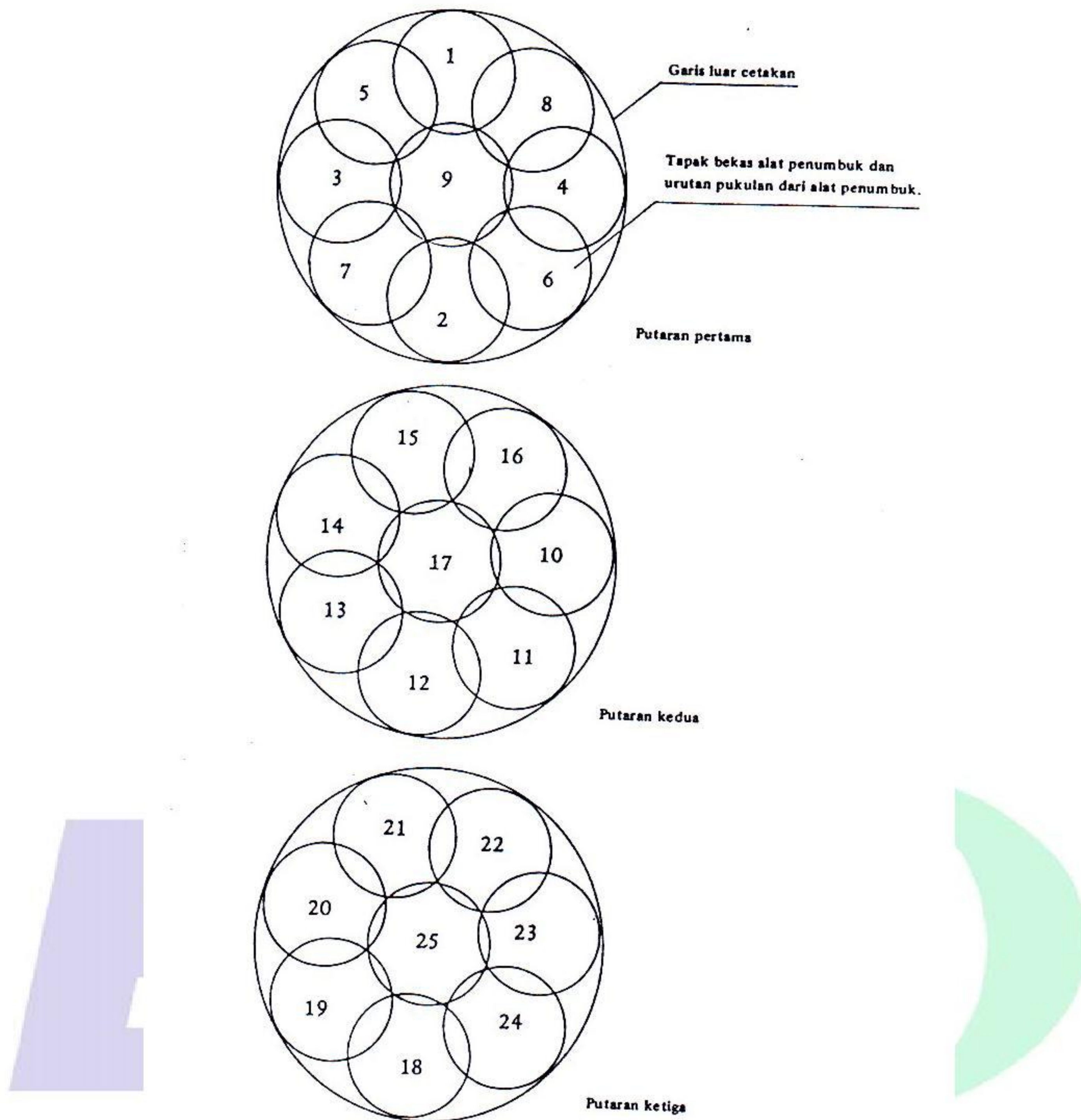
Lampiran A (normatif)

Gambar

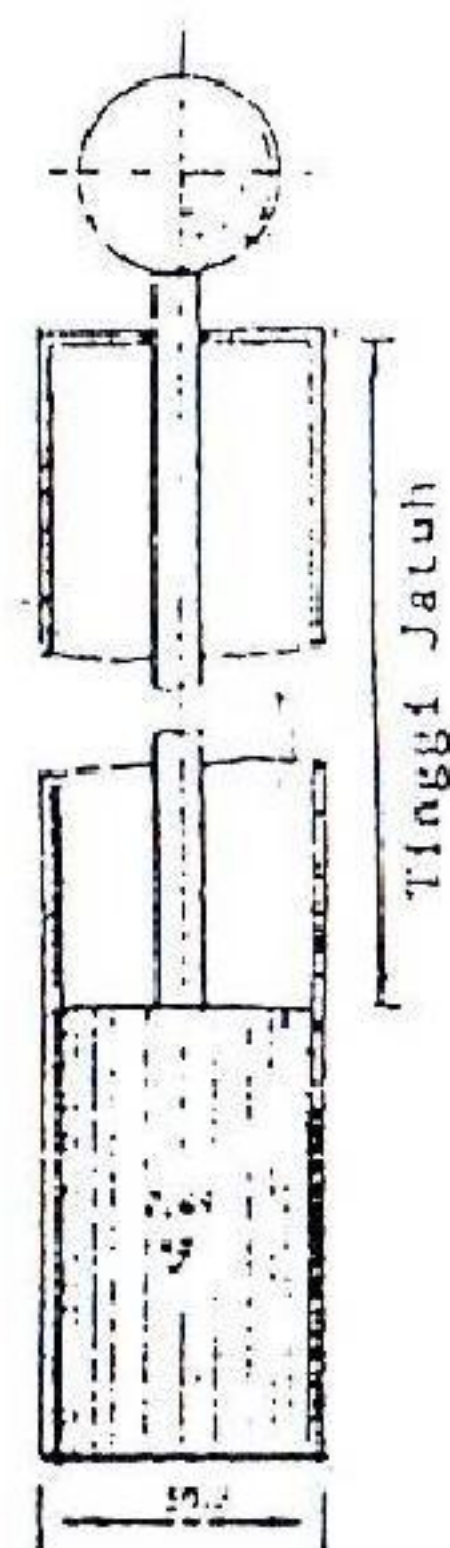


Gambar A.1 Cetakan silinder dan keping alas (diameter 101,60 mm)

© BSN 2008



Gambar A.3 Cara melakukan penumbukan pada cetakan berdiameter 102 mm (4 inci) untuk satu lapisan, sebanyak 25 tumbukan



Gambar A.4 Palu penumbuk

Lampiran B (normatif)

Contoh formulir

Proyek / Pekerjaan : No. Contoh/kedalaman : Lokasi Contoh : Jenis Contoh :	Dikerjakan : Dihitung : Diperiksa : Tanggal :
---	--

PENGUJIAN KEPADATAN RINGAN
(Cara ...)

Persiapan Contoh Uji :

massa tanah basah	(gr)						
Kadar air awal	(%)						
Penambahan air	(%)						
Penambahan air	(cc)						

Kepadatan :

massa tanah basah + cetakan	(gr)						
Massa cetakan	(gr)						
Massa tanah basah	(gr)						
Isi cetakan	(cm ³)						
Kepadatan basah, ρ	(gr/cm ³)						
Kepadatan kering, ρ_d	(gr/cm ³)						

Kadar air :

No. cawan							
Massa tanah basah + cawan	(gr)						
Massa tanah kering + cawan	(gr)						
Massa air	(gr)						
Massa cawan	(gr)						
Massa tanah kering	(gr)						
Kadar air	(%)						

Kepadatan kering (gr/cm ³)		
Kadar air (%)		

	Beart jenis	=
	Kadar air optimum (w opt)	= %
	Kepadatan kering maksimum (ρ_d maks.)	= gr/cm ³

Lampiran C (informatif)

Contoh isian formulir

Proyek / Pekerjaan	:	Dikerjakan	:
No. Contoh/kedalaman	:	Dihitung	:
Lokasi Contoh	:	Diperiksa	:
Jenis Contoh	:	Tanggal	:

PENGUJIAN KEPADATAN RINGAN (Cara A)

Persiapan Contoh Uji :

massa tanah basah	(gr)	2500	2500	2500	2500	2500	
Kadar air awal	(%)	16,43	16,43	16,43	16,43	16,43	
Penambahan air	(%)	12	14	16	18	20	
Penambahan air	(cc)	300	350	400	450	500	

Kepadatan :

massa tanah basah + cetakan	(gr)	5936	6028	6081	6077	6060	
Massa cetakan	(gr)	4405	4405	4405	4405	4405	
Massa tanah basah	(gr)	1561	1623	1676	1672	1644	
Isi cetakan	(cm ³)	944	944	944	944	944	
Kepadatan basah, ρ	(gr/cm ³)	1,62	1,72	1,78	1,77	1,74	
Kepadatan kering, ρ_d	(gr/cm ³)	1,26	1,31	1,34	1,31	1,28	

Kadar air :

No. cawan		A	B	C	D	E	
Massa tanah basah + cawan	(gr)	284,0	268,0	295,0	275,0	267,0	
Massa tanah kering + cawan	(gr)	230,6	214,2	233,1	215,1	205,9	
Massa air	(gr)	53,4	53,8	61,9	59,9	61,1	
Massa cawan	(gr)	45,4	40,0	45,2	43,9	41,1	
Massa tanah kering	(gr)	185,2	174,2	187,9	171,2	164,8	
Kadar air	(%)	28,8	30,9	32,9	35,0	37,0	

The graph plots Dry Density (ρ_d) in gr/cm³ on the y-axis (ranging from 1.20 to 1.40) against Moisture Content (w) in % on the x-axis (ranging from 28.0 to 38.0). Five data points are plotted, showing a parabolic trend. A straight line, labeled 'Garis jenuh (ZAVL)', is drawn through the peak of the curve. The peak is labeled ' ρ_d maksimum' and the corresponding moisture content is labeled 'Kadar air optimum (w opt)'.

Beart jenis	= 2.60
Kadar air optimum (w opt)	= 33,0 %
Kepadatan kering maksimum (ρ_d maks.)	= 1,34 gr/cm ³









BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id